

Союз Советских  
Социалистических  
Республик



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

(11) 997135

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 13.07.81 (21) 3315249/18-21

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.02.83. Бюллетень № 6

Дата опубликования описания 15.02.83

(51) М. Кл. 3

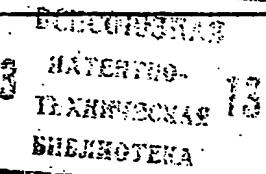
Н 01-Д 37/04

(53) УДК 621.385.  
.833 (088.8)

(72) Автор  
изобретения

Г.В. Дер-Шварц

(71) Заявитель



## (54) ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МИКРОЗОНДОВОГО УСТРОЙСТВА

Изобретение относится к электронно-оптическому приборостроению и может быть использовано в микрозондовых устройствах для изготовления микрорисунков на изделии, а также в микрозондовых устройствах для исследования объектов.

Известна электронно-оптическая система (ЭОС) микрозондового устройства, например, для изготовления микрорисунков на изделии, содержащая размещенные соосно источник термоэлектронов, две конденсаторные линзы, формирующую линзу, апертурную диафрагму, блокирующую систему и двухъярусную отклоняющую систему. Данная электронно-оптическая система позволяет формировать электронный пучок (зонд) диаметром 500 Å при ускоряющем напряжении 20 кВ с током  $1-5 \cdot 10^{-10}$  А [1].

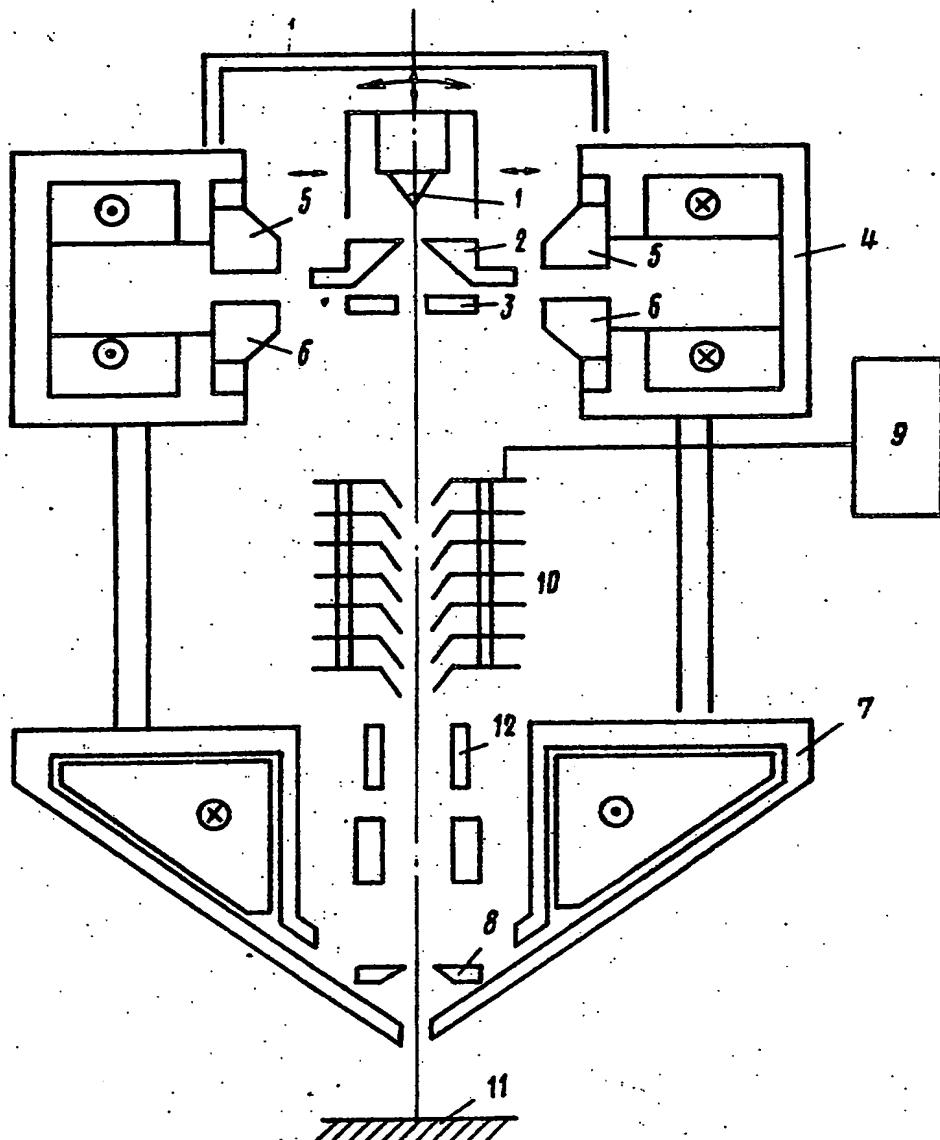
Недостатком этой ЭОС является малое значение тока электронного пучка в плоскости обработки, что не позволяет использовать ее для прямого изготовления изделий методом планарной технологии вследствие малой производительности.

Наиболее близкой по технической сущности к изобретению является ЭОС микрозондового устройства для изгото-

ления микрорисунков, содержащая соосно расположенные автоэмиссионный источник электронов, два анода, конденсаторную линзу с двумя полюсными башмаками, формирующую линзу, отклоняющую систему и апертурную диафрагму [2].

Эта ЭОС позволяет сканировать электронным пучком площадь  $4 \times 4$  мм<sup>2</sup>, причем ток пучка составляет  $3-4 \cdot 10^{-9}$  А, а диаметр сечения пучка в плоскости обработки равен  $\sim 500$  Å. Однако величина тока, пучка формируемого данной ЭОС, также недостаточна для обеспечения необходимой производительности при непосредственном экспонировании электронорезистов в процессе изготовления микрорисунков на изделии. Кроме того, данная ЭОС не позволяет независимо изменять энергию взаимодействия электронов пучка с объектом обработки, поскольку фокусировка пучка в плоскости изделия обеспечивается только при определенном отношении потенциала второго анода к потенциальному первого анода, а потенциал первого анода определяется током автоэмиссии катода.

Целью изобретения является повышение тока электронного пучка, формирую-



Составитель В. Гаврюшин

Редактор М. Дылын

Техред А. Бабинец

Корректор М. Демчик

Заказ 946/72

Тираж 701  
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4

емого ЭОС при обеспечении независимой регулировки энергии.

Указанная цель достигается тем, что электронно-оптическая система, содержащая соосно расположенные автозадающий источник электронов, два анода, конденсорную линзу с двумя полюсными башмаками, формирующую линзу, отклоняющую систему и апертурную диафрагму, снабжена по крайней мере одним дополнительным электродом, размещенным в области промежуточного изображения источника электронов между конденсорной и формующей линзами, а аноды размещены внутри конденсорной линзы у ее первого по ходу пучка полюсного башмака.

На чертеже показана схема устройства.

ЭОС микрозондового устройства содержит размещенные соосно автозадающий источник 1 электронов, два анода 2 и 3, образующие ускоряющий промежуток, магнитную конденсорную линзу 4 с двумя полюсными башмаками 5 и 6. Аноды 2 и 3 размещены в конденсорной линзе 4, причем первый из них 2 установлен в непосредственной близости от первого полюсного башмака 5. В главной плоскости формирующей линзы 7 размещена апертурная диафрагма 8, а перед формирующей линзой 7 введены подключенные к источнику 9 напряжения один или несколько дополнительных электродов 10, размещенных в области промежуточного изображения источника 1 электронов. За формирующей линзой 7 расположен образец 11, а в ее пределах — отклоняющая система 12.

Устройство работает следующим образом.

Автозадающий источник 1 электронов эмиттирует пучок электронов либо в результате холодной автозадающей эмиссии, либо в результате смешанной автотермоэмиссии. В последнем случае катод подогревается до температуры порядка 1500°C. В обоих случаях эмиссия обеспечивается наложением разности потенциалов между катодом 1 и первым анодом 2 ускоряющего промежутка, который находится под более положительным потенциалом, чем катод. Электроны, вышедшие из источника 1, ускоряются, начиная с момента их выхода из катода и кончая моментом выхода из поля ускоряющего промежутка, при этом второй анод 3 находится под положительным потенциалом относительно первого анода 2. Однако ускоряющий промежуток работает в таком режиме, что он формирует только виртуальное изображение источника электронов, расположение на небольшом расстоянии. Расположение анодов 2 и 3 внутри конденсорной линзы 4, в непосредственной близости от первого полюсного

башмака 5 конденсорной линзы 4, обеспечивает максимальное приближение виртуального изображения источника 1 электронов к конденсорной линзе 4, которая преобразует это виртуальное изображение в действительное промежуточное изображение источника электронов. При минимальных потерях тока пучка коэффициенты центральных aberrаций ускоряющего промежутка и магнитной конденсорной линзы 4 будут малыми вследствие того, что упомянутое виртуальное изображение расположено близко (5-7 мм) от внешней граничной поверхности полюсного башмака 5 конденсорной линзы 4 и входного отверстия первого анода 2. Действительное промежуточное изображение, сформированное системой ускоряющий промежуток — конденсорная линза располагается на оптической оси в области дополнительных электродов 10. При прохождении электронным пучком электродов 10 энергия электронов пучка может быть изменена в соответствии с требуемой энергией взаимодействия с образцом 11. Пучок может ускоряться или замедляться путем регулировки напряжения, подаваемого от источника 9 на указанные электроды. При этом их положение по отношению к действительному промежуточному изображению источника 1 электронов гарантирует малое влияние собственных центральных aberrаций на размер этого изображения вследствие того, что углы схождения электронов малы и траектории электронов, формирующих это действительное изображение, фактически параксиальны. Действительное промежуточное изображение источника электронов отображается с уменьшением посредством формирующей линзы 7 на поверхность образца 11. Апертурная диафрагма 8, ограничивающая пучок электронов и установленная в главной плоскости формирующей линзы 7, обеспечивает получение заданного диаметра сечения электронного зонда в плоскости образца 11. Отклоняющая система 12 производит перемещение сформированного электронного пучка по поверхности образца 11 в соответствии с программой обработки или исследования.

Таким образом, предлагаемая электронно-оптическая система микрозондового устройства позволяет за счет максимального приближения конденсорной линзы к плоскости виртуального изображения источника электронов и соответствующего размещения дополнительных электродов, регулирующей конечную энергию пучка, получить максимальный ток пучка зонда при заданном диаметре его сечения в плоскости образца, при этом обеспечить возможность независимой регулировки энергии электро-

нов пучка до требуемой величины по отношению к энергии электронов на выходе из ускоряющего промежутка. Проведенные расчеты показывают, что при диаметре пучка в плоскости изделия порядка 500-1000 Å предлагаемая ЭОС позволяет получить ток пучка зонда  $1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}$  А при угловой плотности тока эмиссии в  $130 \cdot 10^{-6}$  А/стер, токов эмиссии  $10 \cdot 10^{-6}$  А/стер и энергии электронов пучка в 20 кэВ. Это примерно в 100 раз больше, чем в ЭОС, взятой за прототип, и при этом во столько же раз повышается производительность устройства для изготовления микрорисунков на изделий.

Предлагаемая ЭОС может быть широко использована в электроннолучевых микрозондовых приборах для исследования обработки объектов, где она позволяет за счет увеличения тока формируемого пучка при обеспечении независимой регулировки его энергии в плоскости взаимодействия с образцом повысить качество и производительность исследований и обработки.

Формула изобретения  
Электронно-оптическая система микрозондового устройства, содержащая

соосно расположенные автозмиссионный источник электронов, два анода, конденсорную линзу с двумя полюсными башмаками, формирующую линзу, отклоняющую систему и апертурную диафрагму, отличающуюся тем, что, с целью повышения тока электронного пучка при обеспечении независимой регулировки энергии электронов, она снабжена по крайней мере одним дополнительным электродом, размещенным в области промежуточного изображения источника электронов между конденсорной и формирующей линзами, а аноды размещены внутри конденсорной линзы у ее первого по ходу пучка полюсного башмака.

#### Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. J. Chang, B. Wallmann. A computer-controlled electron beam machine for microcircuit fabrication. IEEE Trans Electron Devices, v. ED-12, 1977.

p. 629-635.

2. G. Sille, B. Astrand. A field-emitter electron beam exposure system. Phys. Scripta, v. 18, 1978, p. 367-371 (прототип).